



## Tilbageholdelse af partikulært stof i forsinkelsesbassiner

Neerup-Jensen, O.; Larsen, Torben; Rasmussen, Michael R.

*Published in:*  
Stads og Havneingeniøren

*Publication date:*  
1999

*Document Version*  
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Neerup-Jensen, O., Larsen, T., & Rasmussen, M. R. (1999). Tilbageholdelse af partikulært stof i forsinkelsesbassiner. *Stads og Havneingeniøren*, årg. 90(12), 24-27.

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Tilbageholdelse af partikulært stof i forsinkelse

Af Civilingeniør Ole Neerup-Jensen, Hedeselskabet,  
docent Torben Larsen, Aalborg Universitet og  
adjunkt Michael R. Rasmussen, Aalborg Universitet

I denne artikel fortælles om et afgangsprøve udført på Aalborg Universitet, hvorunder modellers egnethed til dimensionering af forsinkelsesbassiner og undersøgelse af eksisterende bassiners effektivitet blev belyst.

Med baggrund i de store investeringer der i fremtiden skal gennemføres i kloakplanderne, er det naturligt at vurdere de mulige tiltag, der kan minimere de skadelige effekter fra regnbetingede overløb.

De negative effekter i recipienterne af de regnbetingede overløb er af meget forskellige karakterer. Der er både fysiske, æstetiske og biologiske effekter. Et udvalg under Spildevandskomiteen (Ingeniørforeningen i Danmark) har opstillet nye forslag /1/ til krav, der omhandler de aflastede vandmængder og indholdet af partikler i aflastninger.

Det kræves således, at overløbsvandet ikke må indeholde partikler større end en fastlagt kritisk sedimentationshastighed svarende til en gentagelseperiode på 1 år. Den kritiske sedimentationshastighed afhænger af bundsedymenterne i recipienterne (vandløbet) og ses i følgende tabel, Tabel 1.

Baggrunden for dette krav er bl.a., at en stor del af overløbsvands forureningsindhold er på partikelform, og det er derfor oplagt at dimensionere og udforme bygværkerne, så de tilbageholder mest muligt partikulært stof, inden de aflaster til recipienten.

Generelt er der i denne henseende dårlige erfaringer med de anvendte overløbsbygværker, da overløbsbygværkerne ikke er dimensioneret til at tilbageholde partikulært stof under kraftige hydrauliske belastninger.

Derfor er det naturligt at undersøge alternative måder til begrænsning af forureningen fra regnbetingede overløb, f.eks. vortex separatorer eller forsinkelsesbassiner. Der er i Danmark ikke mange veldokumenterede eksperimentelle undersøgelser af forsinkelsesbassiners evne til at tilbageholde partikulært materiale; men udenlandske undersøgelser især fra Tyskland indikerer et stort potentiale. Tyske målinger fra 1994

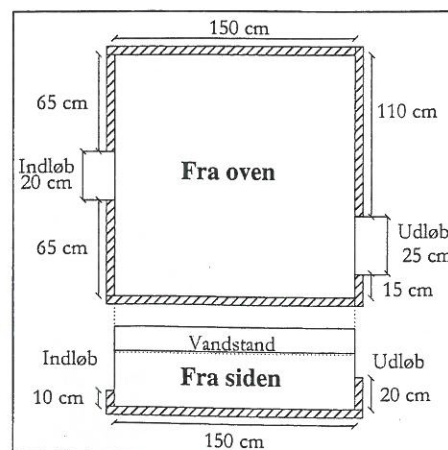
kan sammenfattes i følgende konklusioner /2/:

- En stor tilbageholdelse i forsinkelsesbassiner ved små overfladebelastninger
- Op mod 80% af det sedimenterbare materiale kan udsedimenteres i forsinkelsesbassiner
- En tilbageholdelse af den samlede mængde COD med 50 %
- En reduktion af median sedimentationshastigheden fra 0,21 cm/s til 0,035 cm/s ved overvands passage gennem forsinkelsesbassinet.

Ovenstående undersøgelse viser at det er muligt at anvende forsinkelsesbassiner til begrænsning af de uheldige effekter af bl.a. organisk forurening fra regnbetingede overløb.

Sedimentationsegenskaberne kombineret med magasineringskapaciteten i bassinerne gør forsinkelsesbassiner til et godt supplement til de gængse anvendte metoder til tilbageholdelse af forureningskomponenter.

Forsinkelsesbassiners evne til at tilbageholde partikulært stof har været bearbejdet i et afgangsprøve /3/ udført på civilingeniørlinjen, Aalborg Universitet. Resultaterne fra dette projekt omtales i denne artikel.



Figur 1. Principskitse af laboratoriebasinet. Øverst set fra oven og nederst fra siden.

Type af vandløbsbund nedstrøms udløbet	Kritisk sedimentationshastighed
Sandet bund, ingen gydebanks	3 cm/s
Sandet bund med gydebanks	1 cm/s
Dyndet bund	1 cm/s

Tabel 1. Kritiske sedimentationshastigheder



# bassiner

## Stofseparation i forsinkelsesbassiner

En bestemmelse af stofseparationen i et forsinkelsesbassin kræver mange målinger under forskellige forhold og belastninger, hvilket bevirker, at bestemmelserne er meget tids- og ressourcekrævende. For at reducere omkostninger og tidsforbrug blev der derfor bygget et laboratorie bassin, hvor det var muligt under kontrollerede forhold at undersøge et givet bassins evne til at tilbageholde partikler. Det undersøgte bassin blev bygget med forskudt ind- og udløb, Figur 1.

Laboratoriebasinet er undersøgt under forskellige hydrauliske forhold. Forsøgene er alle udført under stationære forhold med fast ind- og udløbsvandføringer. Som partikler er anvendt plastikkugler og finkornet sand, hvor sedimenthastighederne er veldefinerede.

Resultaterne fra forsøgene er præsenteret i Figur 3 (sorte firkanter), hvor effektiviteten (Eff) af bassinet er optegnet som funktion af den relative sedimentationshastighed  $W'$ . Forudsætninger og parametre for forsøgene er detaljeret omtalt i /3/.

Effektiviteten af bassinet er defineret som:

$$\text{Eff} = \frac{\text{Antal partikler tilbageholdt}}{\text{Antal partikler ialt}} [\%]$$

Den relative sedimentationshastighed  $W_s$  er defineret som:

$$W_s = \frac{W}{U_0} [-] \text{ hvor}$$

$W_s$  er sedimentationshastigheden  
 $U_0$  er overfladebelastningen  $U_0 = \frac{Q}{F}$  hvor

$Q$  er vandføringen gennem bassinet,  $F$  overfladearealet

Som det ses på figur 3 var det muligt eksperimentelt at måle effektiviteten for et givet bassin. Denne metode er dog meget tidskrævende og uhensigtsmæssig →



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

## Temadag Brug af regnvand til wc-skyl

Fra foråret 2000 bliver det tilladt at anvende regnvand fra tage til wc-skyl og vaskemaskiner i boliger.

Arbejdet skal udføres af autoriserede mestre og anlæggene skal udformes efter retningslinier udarbejdet af By- og Boligministeriet og Miljøstyrelsen.

Rørcentret, Teknologisk Institut afholder temadag om emnet.

### Tid og sted

- 13. januar kl. 9.30 – 16.00  
Teknologisk Institut, Taastrup
- 19. januar kl. 9.30 – 16.00  
Teknologisk Institut, Århus

### Pris

- 2000 kr. ekskl. moms inkl. foreløbigt tryk af den kommende anvisning om regnvandsanlæg
- 1800 kr. ekskl. moms for medlemmer af Rørcentrets Svartjeneste

### Program

- Hygiejniske risici og ændringer i vandforsyningslovgivningen, Linda Bagge, Miljøstyrelsen
- Ændring i byggelovgivningen og installationsnormerne, Ove Nielsen, By- og Boligministeriet
- Danske Vandværkers Forenings (DVF) syn på regnvandsanlæg, Anders Bækgaard, DVF
- Krav til udformning af anlæg, Rørcentret
- Risikovurdering af regnvandsanlæg, Ole Adler, PH-Consult
- Eksempler på udførte anlæg, Rørcentret
- Produkter på det danske marked, Leverandører

### Tilmelding

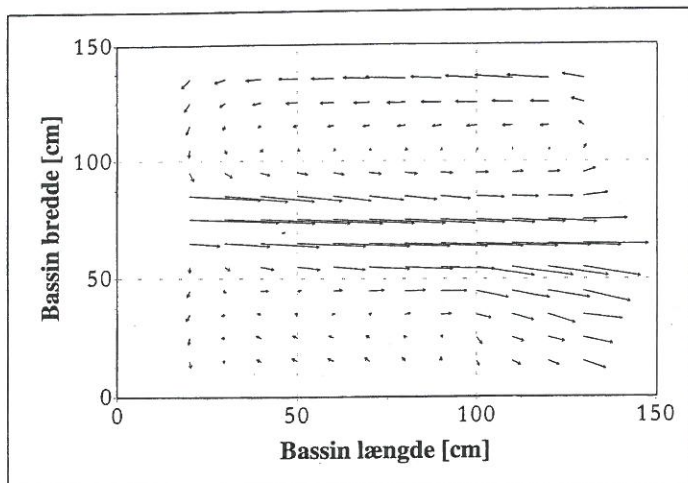
Navn: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

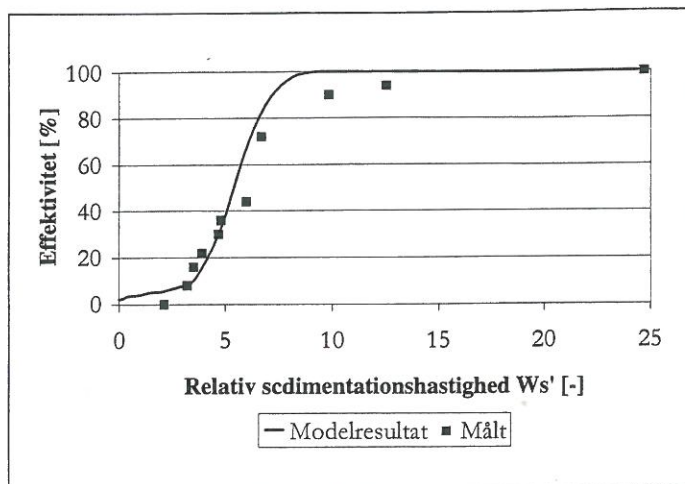
Postnr./By: \_\_\_\_\_

Telf. nr.: \_\_\_\_\_

Rørcentret Fax: 43 50 41 93 Telf.: 43 50 41 90



Figur 2. Optegnet strømningsbillede i laboriebassinet.



Figur 3. Målt og modelleret effektivitet for det opstillede laboriebassin.

sig, hvis flere bassingeometrier skal sammenlignes mht. effektivitet.

### Empiriske formler

Der er i litteraturen beskrevet flere empiriske formler, f.eks. Harzen's formel. Formlen angiver en krævet opholdstid, for at et rektangulært bassin kan tilbageholde partikler med en sedimentationshastighed større end  $W_s$ :

$$T_{\text{opholdstid}} = \frac{h}{\alpha \cdot W_s} \text{ hvor}$$

$h$  er vanddybden i bassinet  
 $\alpha$  er en konstant som ligger i intervallet 0,2-0,6.  
 $W_s$  er sedimentationshastigheden

Harzen's formel er i princippet anvendelig for alle typer af bassiner, men  $\alpha$  må bestemmes eksperimentelt i hvert tilfælde. Empiriske formler kan generelt ikke anvendes, når effektiviteten for ikke rektangulære bassiner eller bassiner med specielle indretninger og flow mønstre undersøges. Derfor er det undersøgt, om det vha. numeriske modeller er muligt at beregne effektiviteten uden de ressourcekrævende laborieforsøg.

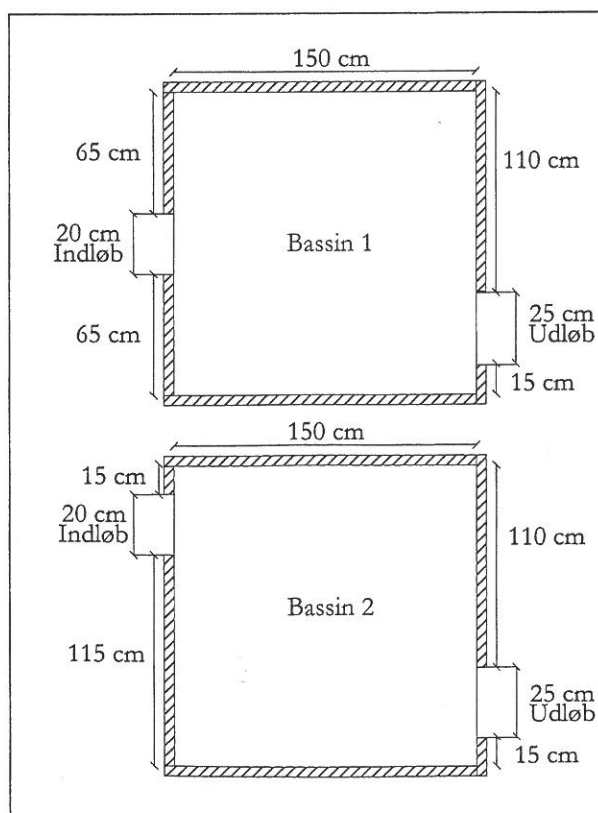
### Beregningen af effektiviteten ved Computational Fluid Dynamics

Til at beskrive strømningerne i bassinet er programmet CFX-4 blevet brugt. Den

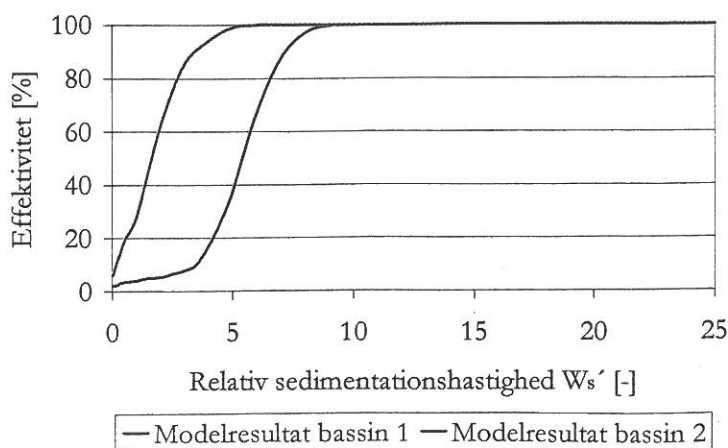
numeriske hydrodynamiske model er koblet med en partikkelmodel, og disse modeller løser tilsammen partikeltransporten i 3 dimensioner for det undersøgte bassin. Strømningerne i bassinet består af flere recirkulerende områder af større eller mindre udbredelse. Figur 2 viser et vandret plan i bassinet og viser de roterende hvirvler ved hjælp af hastighedsvektorer.

De numeriske modeller opsættes til de aktuelle forhold med hensyn til vandføring og partikelsedimentationshastighed og beregner derpå effektiviteten for det undersøgte bassin.

På Figur 3 er de beregnede effektiviteter optegnet som den fuldt optrukne linie og sammenlignet med de målte effektiviteter.



Figur 4. Sammenligning af indløbs betydning for effektiviteten af to bassiner.





Figur 3 viser, at det er muligt vha. modellerne at beregne effektiviteten for det specifikke forsinkelsesbassin. Dette muliggør, at strømningsforhold og geometri for bassinerne kan optimeres til de aktuelle forhold uden omkostningstunge forundersøgelser. Ind- og udløbets placering i forhold til effektivitet undersøges nemt ved i modellerne at flytte dem. Dette kan gøres uden, at modellerne skal kalibreres.

Figur 4 viser modelsimuleringer, hvor to placeringer af indløbet til bassinet er sammenlignet. Figur 4 viser således, at man ved at flytte indløbets placering kan få bassinet til at tilbageholde mere stof.

## Konklusion og perspektivering

Ovenstående projekt har vist at det er muligt ved hjælp af numeriske modeller at beregne tilbageholdelsen af partikulært materiale i forsinkelsesbassiner. Den numeriske model er blevet verificeret i laboratoriet og kræver ikke en kalibrering. Dette gør at den forholdsvist nemt kan anvendes i praksis til brug ved en dimensionering af bassiner.

Tages der udgangspunkt i de før nævnte anbefalinger til et operationelt krav til bassin og overløbsbygværker fra Spildevandskomiteen /1/, kan metoden bruges til beregning af størrelsen af bassinet. Metoden vil også kunne bruges til at undersøge effektiviteten for et eksisterende bassin.

## Affslutning

Nærværende artikel er uddrag fra hovedopgaven udført af Civilingeniør Ole Neerup-Jensen på Aalborg Universitet. En revideret udgave af hovedopgaven, hvor modelbetragtningerne og laboratorieforsøgene mm. er inkluderet, kan rekvireres ved henvendelse til Docent Torben Larsen, Institut for Vand, Jord og Miljøteknik, Aalborg Universitet. E-mail: torben.larsen@civil.auc.dk.

## Referencer

- /1/ Spildevandskomiteen  
»Udledningskrav for regnbetingede udløb fra kloaksystemer i forhold til fysiske forhold i vandløb«. Rapport fra Spildevandskomiteen, Marts 1998.
- /2/ Michelbach, S., Weiss, GJ.  
»Settleable sewer solids at stormwater tanks with clarifier for combined sewer«.
- Wat. Sci. Tech. Vol 33, No. 9 pp.261-267 1996
- /3/ Neerup-Jensen, O.  
»Tilbageholdelse af partikulært stof i forsinkelsesbassiner i afløbssystemer«.
- Afgangsprojekt Aalborg Universitet 1999



## DEN KOMMUNALE HØJSKOLE

**Medietræning - politikere**  
for medlemmer af kommunalbestyrelser og amtsråd  
Kursusperiode: 13.01. – 15.01.2000

**Professionel borgerservice – om betjening af tidskrævende/vanskelige borgere**  
for medarbejdere og ledere, som har direkte borgerkontakt  
Kursusperiode: 13.01. – 15.01.2000

**Kontraktstyring og udlicitering**  
for politikere og chefer  
Kursusperiode: 08.02. – 10.02.2000 og  
05.10. – 07.10.2000

**Styrk kommunens medarbejderressourcer – om personaleledelse, arbejdsmotivation og positiv stressstyring**  
for mellemledere, afdelingsledere og institutionsledere  
Kursusperiode: 09.02. – 12.02.2000 og  
13.08. – 16.08.2000

**Spildevand i det åbne land**  
for medarbejdere, beskæftiget med spildevandsplanlægning  
Kursusperiode: 10.02. – 12.02.2000

**Resultatløn**  
for ledere og medarbejdere i personaleafdelinger samt forvaltnings- og institutionsledere i kommunerne  
Kursusperiode: 15.02. – 17.02.2000

**Administration af taxilovgivningen**  
for ledere og medarbejdere beskæftiget med adm. af taxilovgivningen  
Kursusperiode: 17.02. – 19.02.2000

**Positiv stressstyring - politikere**  
for politikere i kommuner og amter  
Kursusperiode: 24.02. – 26.02.2000

**Positiv stressstyring**  
for ledere og medarbejdere i kommuner og amter  
Kursusperiode: 05.03. – 08.03.2000

**Personaleledelse og udvikling i organisationer**  
for ledere med ansvar for daglig personaleledelse – både ledere af forvaltningsenheder og institutioner – i kommuner og amter  
Kursusperiode: 05.03. – 10.03.2000 og  
04.06. – 09.06.2000

*Tilmeld dig eller bestil indbydelsen på vores hjemmeside.  
Du er naturligvis også velkommen til at ringe.*

Postboks 160  
Kystvej  
8500 Grenaa  
T: 8959 5959  
F: 8959 5989  
E-MAIL: dkh@dkh.dk  
INTERNET: www.dkh.dk